

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
**82 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**ВИКЛАДАЧІВ УНІВЕРСИТЕТУ**

**Одеса 2022**

Наукове видання

Збірник тез доповідей 82 наукової конференції викладачів університету  
26 – 29 квітня 2022 р.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами.  
За достовірність інформації відповідає автор публікації.

Рекомендовано до друку та розповсюдження в мережі Internet Вченою радою  
Одеського національного технологічного університету,  
протокол № 13 від 24.05.2022 р.

Під загальною редакцією Заслуженого діяча науки і техніки України,  
Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки,  
д-ра техн. наук, професора Б.В. Єгорова

Укладач Т.Л. Дьяченко

Редакційна колегія

Голова

Єгоров Б.В., д.т.н., професор

Заступник голови

Поварова Н.М., к.т.н., доцент

Члени колегії:

Безусов А.Т., д-р техн. наук, професор  
Бурдо О.Г., д-р техн. наук, професор  
Віннікова Л.Г., д-р техн. наук, професор  
Гапонюк О.І д-р техн. наук, професор  
Жигунов Д.О., д-р техн. наук, професор  
Іоргачова К.Г д-р техн. наук, професор  
Капрельянц Л.В., д-р техн. наук, професор  
Коваленко О.О., д-р техн. наук, професор  
Косой Б.В., д-р техн. наук, професор  
Крусір Г.В., д-р техн. наук, професор  
Мардар М.Р., д-р техн. наук, професор  
Мілованов В.І., д-р техн. наук, професор  
Павлов О.І., д-р екон. наук, професор  
Плотніков В.М., д-р техн. наук, професор  
Станкевич Г.М., д-р техн. наук, професор  
Савенко І.І., д-р екон. наук, професор  
Тележенко Л.М., д-р техн. наук, професор  
Ткаченко Н.А., д-р техн. наук, професор  
Ткаченко О.Б., д-р техн. наук, професор  
Хобін В.А., д.т.н., професор  
Хмельнюк М.Г., д-р техн. наук, професор  
Черно Н.К д-р техн. наук, професор

У такий спосіб з урахуванням специфіки руху мастила в циклі холодильної машини рекомендується вибирати мастило за допомогою діаграм його взаємної розчинності й змішуваності з холодильним агентом.

Порівняльну оцінку протизносних властивостей мастил для поршневих компресорів доцільно проводити за допомогою прискорених випробувань із реверсуванням механізму руху в реальних робочих режимах на реальних компресорах.

### **Література**

1. Железний В.П. Холодоагенти, їхні властивості і застосування / В.П. Железний, Д.М. Султангулов // Холод. – 2015. – №1. – С. 26-33.
2. А.с. 1408164 ССРСР. МКИ F25B 1/00. Стенд для испытаний на износостойкость холодильных компрессоров / В.А. Буданов, В.В. Милованова, Ю.А. Смирнов, О.Д. Руцкин, Л.Ф. Никитина (СССР). – № 4078674/23-06; заявл.06.05.86 ; опубл. 07.07.88, Бюл. № 25.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ЗЕОТРОПНІЙ СУМІШІ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ**

**Кравченко М.Б., д.т.н., проф., Кокул С.В., аспірант  
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса**

При оптимізації складу зеотропних сумішей холодильних агентів необхідно враховувати особливості роботи компресорів об'ємної дії. Відомо, що подача поршневого компресора сильно залежить від супіні стиснення та тиску нагнітання компресора. Тому проводити оптимізацію складу зеотропних сумішей холодильних агентів при фіксованій молярній витраті суміші, як це робиться у багатьох роботах, з практичної точки зору недоцільно.

Метою створення математичної моделі для визначення залежності об'ємної подачі компресора TAG 2513Z виробництва фірми Tecumseh. від супіні стиснення та тиску всмоктування компресора є використання її для подальшої оптимізації складу робочої суміші та режиму роботи установки, призначеної для отримання температур нижче 120 К.

Побудова математичної моделі проводилася з використанням даних про холодопродуктивність та споживану потужність компресора TAG 2513Z при його роботі на хладоні R404a, наданих фірмою-виробником.

Знаючи температури конденсації та кипіння холодильного агента, можна визначити об'ємну холодопродуктивність установки та об'ємну подачу компресора при різних тисках на всмоктуванні та нагнітанні компресора. У матеріалах фірми-виробника наведено величину об'єму, що описується трьома поршнями компресора TAG 2513Z за один оберт його валу  $-100,7 \text{ см}^3$ . За цими даними можна визначити коефіцієнт подачі компресора в кожному з сімох режимів роботи, описаних у матеріалах фірми-виробника.

Знайдена таким чином залежність коефіцієнту подачі компресора від температури кипіння холодоагенту вийшла практично лінійною. На рис. 1 наведено графік залежності коефіцієнта подачі компресора від супіні стиснення та температури конденсації холодоагенту (тиску нагнітання) для компресора TAG 2513Z. Залежність коефіцієнта подачі компресора від тиску нагнітання вийшла порівняно слабкою. Тому у першому наближенні, залежністю коефіцієнта подачі від тиску нагнітання можна знехтувати.

Таким чином, в результаті дослідження залежності коефіцієнта подачі холодильного компресора TAG 2513Z від різних факторів було виведено практично лінійну залежність коефіцієнта подачі компресора від ступені стиснення газу. Це дозволяє отримати просту аналітичну залежність коефіцієнта подачі компресора від ступеня стиснення, придатну щодо технічних розрахунків.

В результаті апроксимації отриманих даних лінійною залежністю за методом найменших квадратів отримано наступну формулу:

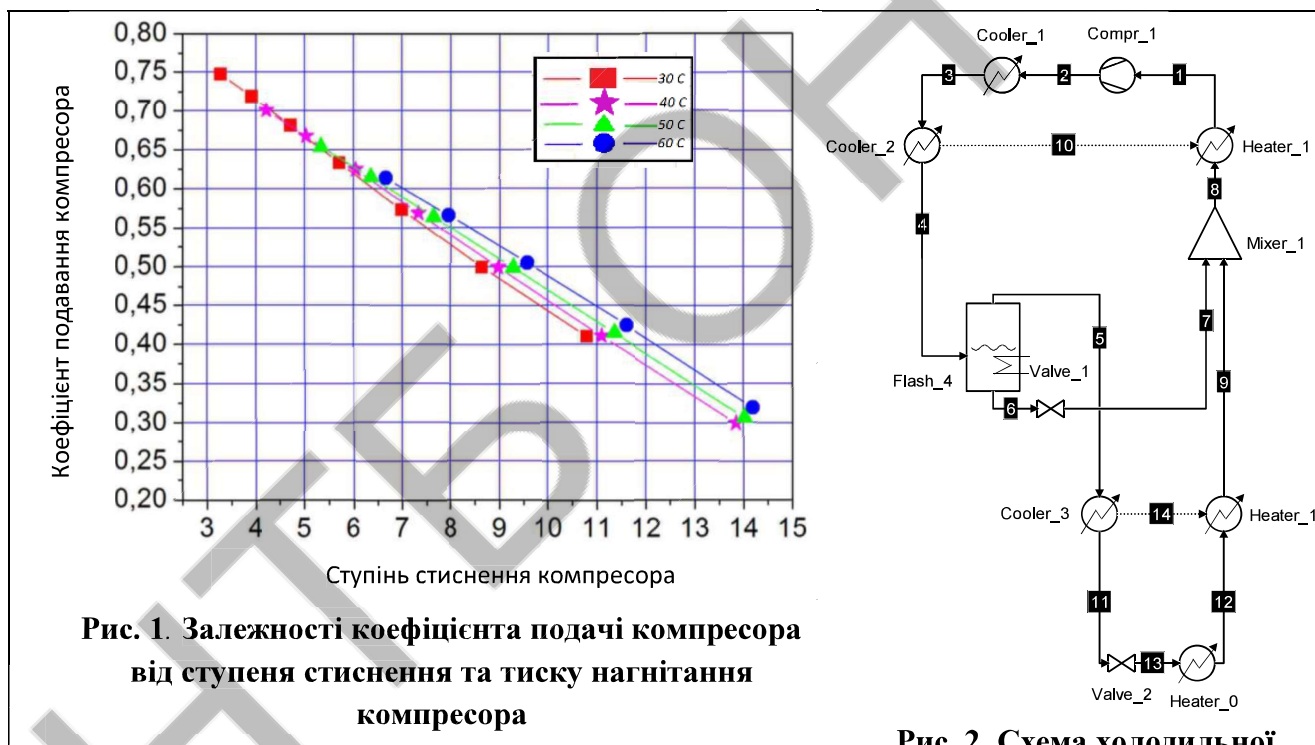
$$\eta = a \cdot \xi + b,$$

де,  $\eta$  – коефіцієнт подавання компресора;  $\xi$  – ступінь стиснення.

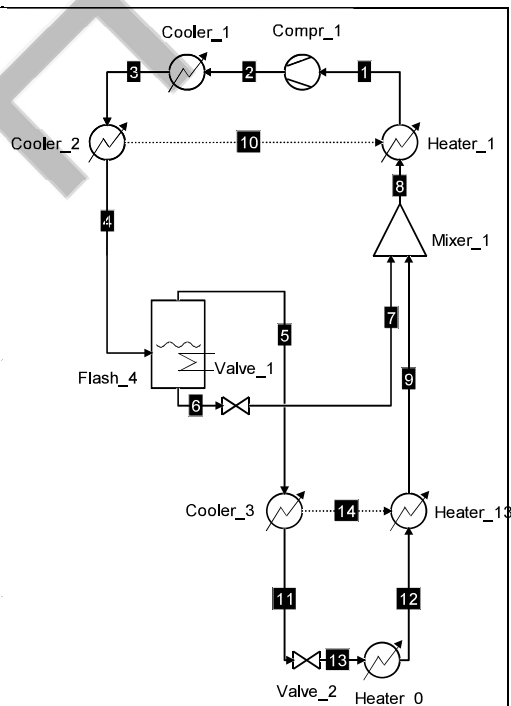
Виходячи з цієї залежності, отримуємо наступні коефіцієнти:  $a = -0,0453$ ;  $b = 0,894$ .

Розрахункову схему установки, призначеної для отримання температур нижче 120 К наведено на рис. 2. Установка складається з компресора TAG 2513Z (Compr\_1), повітряного теплообмінника для зняття перегріву (Cooler\_1), рекуперативного теплообмінника (Cooler\_2-Heater\_1), сепаратора фаз (Flash\_4), першого дросельного вентиля (Valve\_1), змішувача (Mixer\_1), основного теплообмінника (Cooler\_3-Heater\_13), основного дроселя (Valve\_2) і випарника (Heater\_0).

В якості цільової функції для оптимізації режиму роботи установки обраний максимум холодопродуктивності на температурному рівні 120 К, який можна досягти при використанні компресора TAG 2513Z виробництва фірми Tecumseh. В якості параметрів, що варіюються, обрані наступні: концентрації азоту, метану, етану і пропану в суміші на якій працює установка, тиск нагнітання компресора, тиск всмоктування компресора, температура на вході в сепаратор фаз і температура суміші перед основним дроселем. Вміст п'ятого компонента суміші ізобутану визначалося з матеріального балансу суміші.



**Рис. 1. Залежності коефіцієнта подачі компресора від ступеня стиснення та тиску нагнітання компресора**



**Рис. 2. Схема холодильної машини**

Для оптимізації такої холодильної машини було складено тривірневий восьмифакторний план чисельного експерименту. Кінцевою метою чисельного експерименту є отримання аналітичної залежності холодопродуктивності установки від вісьмохпараметрів (факторів). Список натуральних та кодованих рівнів факторного експерименту: тиск нагнітання компресора; вміст азоту (молярна доля); вміст метану (молярна доля); вміст етану (молярна доля); вміст пропану (молярна доля); тиск всмоктування компресора; температура на вході в сепаратор; температура перед дроселем. Кодовані значення параметрів, що варіюються, мають значення:  $-1, 0, 1$ .

Холодопродуктивність установки на температурному рівні 120 К розраховувалася в програмі COCO ChemSer при однаковій масовій витраті суміші  $-100$  г/с.

Знаючи залежність коефіцієнта подачі компресора TAG 2513Z від ступеня стиснення і щільність газу на всмоктуванні компресора легко перерахувати холодопродуктивність установки при роботі з компресором TAG 2513Z.

Обробку результатів розрахунків холодопродуктивності на суміші з 5-х компонентів проведено з метою отримання аналітичної залежності від вісьмох експериментальних факторів.

В результаті обробки результатів чисельного експерименту, був отриманий аналітичний вираз, який наближено описує поведінку холодильної установки залежно від восьми параметрів, що варіюються. Це дозволило знайти оптимальний режим роботи холодильної машини, при якому досягається максимум холодопродуктивності.

Прогнозоване значення холодопродуктивності установки вийшло рівним 54,6 Вт. Підстанова оптимальних параметрів роботи холодильної установки в COCO ChemSep дає значення холодопродуктивності 54,7 Вт. Це набагато більше ніж будь-яке із значень холодопродуктивності, отриманих у варіантних розрахунках.

## **ТУРБОДЕТАНДЕРНА УСТАНОВКА З РЕГЕНЕРАЦІЙНИМ ПІДГРІВОМ ПАЛИВНОГО ГАЗУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ**

**Ярошенко В.М., к.т.н., доцент, Никифоров Д.Р.  
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса**

Одним із шляхів підвищення загальної техніко-економічної ефективності газотранспортної системи являються процеси утилізації потенційної енергії стисненого природного газу на компресорних станціях (КС), газорозподільних станціях (ГРС) та газорозподільних пунктах (ГРП) газотранспортної системи (ГТС).

В системі трубопровідного транспорту природного газу мають місце декілька процесів, пов'язаних із зниженням тиску та втратою потенційної енергії газу в редуційних пристроях, що обумовлюється технологічною схемою при розподілі газу та постачанні його споживачам [1,2].

1. Коли природний газ використовується в якості палива при роботі газотурбінних установок, які застосовуються для приводу нагнітачів на головних, лінійних та дожимних компресорних станціях ГТС. Зниження тиску газу від 50-55 бар на вході в КС до тиску в камері згоряння.

2. На ГРС при подачі газу на великі підприємства та в ГТС регіонального комунально-побутового споживання відбувається рівні зниження тиску від 75-55 бар в магістралі до тиску споживання 10-15 бар.

3. На газорозподільних пунктах при подачі газу від ГРС до систем побутового споживання відбувається зниження тиску від 10-15 бар до тиску споживання 1,2-1,5 бар.

Впровадження засобів енергозбереження з метою підвищення ефективності газотранспортної системи можливо при альтернативній заміні енергетично неефективного процесу зниження тиску в дросельно-редукційних установках (процесу адіабатичного дроселювання) на його адіабатичне розширення в турбодетандерних агрегатах з виробництвом механічної (електричної енергії).

Але необхідно враховувати той факт, що при цьому має місце суттєве зниження температури газу в порівнянні з процесом дроселювання, що часто обумовлює застосування допоміжних енергетичних витрат, пов'язаних з підгрівом газу до температури близької до навколишнього середовища. Необхідно підкреслити, що при низьких температурах детандерного газу можливе формування кристалогідратів, що обумовлює зниження експлуатаційних характеристик установки.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ЗЕОТРОПНІЙ СУМІШІ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ	
<b>Кравченко М.Б., Кокул С.В.</b> .....	268
ТУРБОДЕТАНДЕРНА УСТАНОВКА З РЕГЕНЕРАЦІЙНИМ ПІДГРІВОМ ПАЛИВНОГО ГАЗУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ	
<b>Ярошенко В.М., Никифоров Д.Р.</b> .....	270
БАГАТОЦІЛЬОВИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОТРИМАННЯ РІДКОГО НЕОНУ ТА ПАРАВОДНЮ	
<b>Грудка Б.Г.</b> .....	272
КОМПАКТНА КРІОГЕННА УСТАНОВКА ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ КРИПТОНУ	
<b>Чигрін А.О., Меркулов М.Ю.</b> .....	273

### **СЕКЦІЯ «НАФТОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА»**

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ З АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	
<b>Березовська Л.В.</b> .....	274
СУШІННЯ ЩІЛЬНОГО ШАРУ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ У МІКРОХВИЛЬОВОМУ ПОЛІ	
<b>Бошкова І.Л., Волгушева Н.В., Потапов М.Д.</b> .....	276
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В ТРУБЦІ ФІЛЬДА ПРИ ОПРІСНЕННІ ВОДИ ВИМОРОЖУВАННЯМ	
<b>Вовченко А.І., Василів О.Б.</b> .....	278
ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ	
<b>Волчок В.О.</b> .....	279
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЛУЧЕННЯ ВУГЛЕВОДНЕВОГО КОНДЕНСАТУ	
<b>Волчок В.О., Світлицький В.М.</b> .....	280
ОГЛЯД ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОВ'ЯЗКОЇ НАФТИ	
<b>Георгієш К.В.</b> .....	281
РОЗРОБКА КОМБІНОВАНИХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ	
<b>Гратій Т.І.</b> .....	282
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ВИСОКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ	
<b>Капауз К.О., Бондаренко О.С., Фелонюк О.І.</b> .....	283
ВИВЧЕННЯ РОБОТИ ҐРУНТОВОГО РЕГЕНЕРАТОРА В НАТУРНИХ УМОВАХ	
<b>Мукмінов І.І.</b> .....	285
РОЗРОБКА СИСТЕМ ПЕРВИННОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ЗЕРНА	
<b>Петушенко С.М., Тітлов О.С.</b> .....	287
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛО-МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО	
<b>Пономарьов К.М.</b> .....	289
РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРІСНЕННЯ ВОДИ	
<b>Проць Б.М., Василів О.Б.</b> .....	290
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ	
<b>Кологривов М.М., Бузовський В.П.</b> .....	292
МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОФАЗНИХ ТЕЧІЙ У НАФТОПРОВОДАХ	
<b>Тітлов О.С., Альтман Е.І., Арику А.В.</b> .....	294
ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ВАЖКОЇ ФРАКЦІЇ, ЩО ВИНИКАЄ У ПРОЦЕСІ ЗРІДЖЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	
<b>Дьяченко Т.В.</b> .....	296

### **СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ ТА ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

СИСТЕМНИЙ ВПЛИВ ОЗОНУВАННЯ НА СТІЧНІ ВОДИ	
<b>Бондар С.М., Чабанова О.Б., Шевченко О.І.</b> .....	300
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ НАФТОЮ І НАФТОПРОДУКТАМИ	
<b>Гаркович О.Л., Шевченко Р.І., Мадані М.М.</b> .....	301
ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ КОНСЕРВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
<b>Крусір Г.В., Шевченко Р.І., Мадані М.М., Гаркович О.О.</b> .....	303
ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ М. ОДЕСИ	
<b>Крусір Г.В., Шевченко Р.І., Мадані М.М., Гаркович О.О.</b> .....	305